

**POLITECHNIKA GDAŃSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA KONSTRUKCJI I EKSPLOATACJI MASZYN**



**FRETTING – ZJAWISKO USZKADZANIA POWIERZCHNI STYKU
WYSOKO OBCIĄŻONYCH ELEMENTÓW MASZYN**

**ĆWICZENIE LABORATORYJNE NR 3
Z EKSPLOATACJI**

Opracował: prof. dr hab. inż. Antoni NEYMAN

GDAŃSK 2000

1. CEL ĆWICZENIA

Jako cel ćwiczenia przyjęto :

- zaznajomienie studentów ze zjawiskiem frettingu ;
- zaznajomienie z oceną zużycia powierzchni przy pomocy profilografowania.

2. ZAKRES ĆWICZENIA

- a) Zapoznanie się z niniejszą instrukcją do ćwiczenia ;
- b) przeprowadzenie testu zużycia frettingowego na stanowisku badawczym ;
- c) ocena zużycia frettingowego powierzchni badanych próbek przy pomocy mikroskopu optycznego ;
- d) wykonanie profilogramów ubytków frettingowych na powierzchni próbek .
Obliczenie objętości zużycia.

3. OPIS ĆWICZENIA.

3.1. WPROWADZENIE.DO ĆWICZENIA

A. Definicja frettingu

Słowo fretting pochodzi z języka angielskiego. „To fret” znaczy zużywać, uszkadzać lub robić ślady na czymś przez powtarzające się pocieranie lub uderzanie. Wg definicji OECD (Organizacja Współpracy Ekonomicznej i Rozwoju) fretting – zjawisko zużycia pojawiającej się na styku dwóch powierzchni będących we wzajemnym ruchu oscylacyjnym o małej amplitudzie.

Fretting jest to więc kompleks zjawisk zachodzących na powierzchni styku. Nie ma odpowiednika słowa fretting w języku polskim. Spotykane czasem w literaturze określenie „korozja cierna” jest nieadekwatna ponieważ eksponuje jedno tylko, wcale nie najważniejsze ze składowych zjawisk frettingu, ponadto korozja występować może przy tarcii w warunkach normalnego ruchu oscylacyjnego. Różnica pomiędzy frettingiem a tarciami przy zwykłym ruchu oscylacyjnym dotyczy amplitudy oscylacji. Jako graniczną wartość maksymalną amplitudy dla frettingu przyjmuje się na ogół 70 do 100 μm , aczkolwiek niektórzy autorzy uważają, że tą graniczną wartość stanowi około 300 μm . Najmniejsza wartość amplitudy, przy której stwierdzono skutki frettingu wynosi około 0,1 μm .

Zjawisko frettingu powoduje dwa zasadnicze skutki :

- zużycie frettingowe jako ubytek masy,
- powstawanie pęknięć zmęczeniowych na powierzchni wżeru frettingowego, które mogą być początkiem głębokich pęknięć zmęczeniowych, jeżeli zjawisko frettingu towarzyszy zmiennemu obciążeniu.

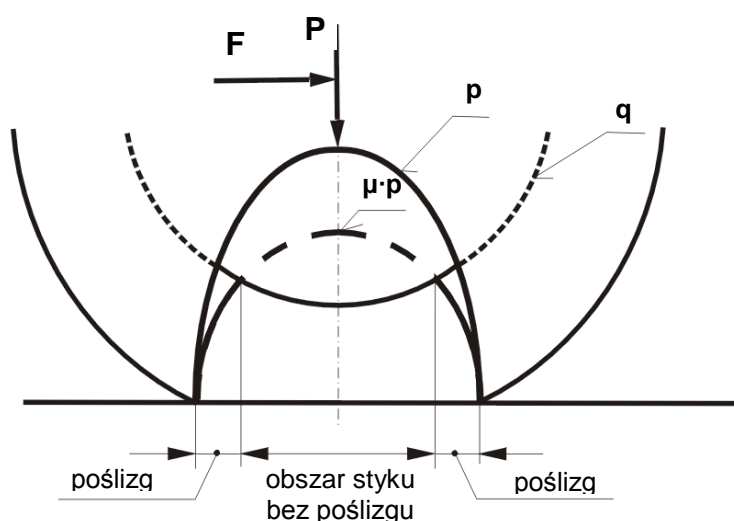
Zużycie frettingowe powstaje jako suma zużycia adhezyjnego, zmęczeniowego, ściernego i korozyjnego. Zużycie frettingowe powoduje utratę wciśnięcia pomiędzy elementami bądź też zmianę warunków rozkładu obciążenia co może prowadzić do dalszych uszkodzeń. Jeżeli fretting towarzyszy obciążeniu zmęczeniowemu, wytrzymałość zmęczeniowa ulega około cztero do sześciokrotnemu zmniejszeniu.

B. Występowanie frettingu

Fretting pojawia się w zespołach elementów, które nominalnie pozostają w stosunku do siebie w spoczynku. Takimi zespołami są np. : złącza klinowe i wpustowe, złącza wielowypustowe, złącza gwintowe, złącza kołkowe i sworzniowe, sprzęgła zębate i kłowe, złącza wciskowe, styki elektryczne, elementy wymienników ciepła, złącza elementów ortopedycznych, plecione liny i kable, złącza nitowe itp.

C. Mechanizm powstawania uszkodzeń frettingowych

Mechanizm ten można wyjaśnić korzystając z modelu styku kula płaszczyzna jaki przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1

Styk obciążony jest normalną siłą P oraz styczną siłą F wywołującą ruch względny. Na rysunku przedstawiono rozkład nacisków normalnych p , rozkład jednostkowych sił stycznych q oraz jednostkowych sił tarcia μp . W tym obszarze, w którym $\mu p < q$ występuje poślizg, w pozostałym obszarze nie ma poślizgu.

W obszarze bez poślizgu odkształcenia w kierunku stycznym mają charakter sprężysty. W obszarze tym mogą powstać pęknięcia zmęczeniowe, ich kierunek jest prostopadły do kierunku ruchu, pęknięcia zmęczeniowe mogą prowadzić do odrywania się cząstek zużycia w kształcie łusek. W obszarze poślizgowym następuje zrywanie połączeń adhezyjnych prowadzące do zużycia adhezyjnego, może też występować rycie bruzd przez nierówności powierzchni.

Po utworzeniu cząstek zużycia rozpoczyna się zużycie ściernie z udziałem tych cząstek, które mogą być fragmentami materiałów elementów lub tlenków.

Przedstawionym zjawiskom towarzyszy korozja powierzchni styku i cząstek zużycia. Postępujące zużycia prowadzi do zmniejszenia obszaru bezpoślizgowego. Przedstawiony model styku kula – płaszczyzna może być obszarem elementarnego styku nierówności, wraz z postępującym zużywaniem w obszarze styku elementarnego zużycie może rozszerzać się na większe obszary styku.

D. Zasadnicze parametry mające wpływ na powstawanie i intensywność uszkodzeń frettingowych

Tymi parametrami są :

- obciążenie;
- amplituda oscylacji;
- częstość oscylacji i liczba cykli;
- rodzaj materiału pary ciernej;
- charakterystyka otoczenia (temperatura, wilgoć, czynniki intensyfikujące korozję).

Zużycie frettingowe można uważać za wprost proporcjonalne do obciążenia, z jednym zastrzeżeniem, że nie powoduje zmniejszenia amplitudy oscylacji, bowiem wzrost obciążenia może powodować zmniejszenie amplitudy oscylacji.

Zależność pomiędzy wartością amplitudy ruchu a zużyciem jest także liniowa, wzrost amplitudy powoduje wzrost zużycia. Zużycie frettingowe jest proporcjonalne do liczby cykli oscylacji, przy czym intensywność zużycia jest większa w początkowej fazie procesu, następnie zmniejsza się i osiąga stałą wartość. Częstość oscylacji nie ma znaczącego wpływu na wartość zużycia. Materiał pary ciernej ma istotny wpływ na wartość zużycia frettingowego. Ogólnie mówiąc mniejsze zużycie frettingowe wykazują tworzywa posiadające mniejszą zdolność do adhezji, lepsze właściwości ślizgowe i większą wytrzymałość mechaniczną. Otoczenie decyduje przede wszystkim o intensywności korozji.

E. Metody eliminacji bądź ograniczenia uszkodzeń frettingowych

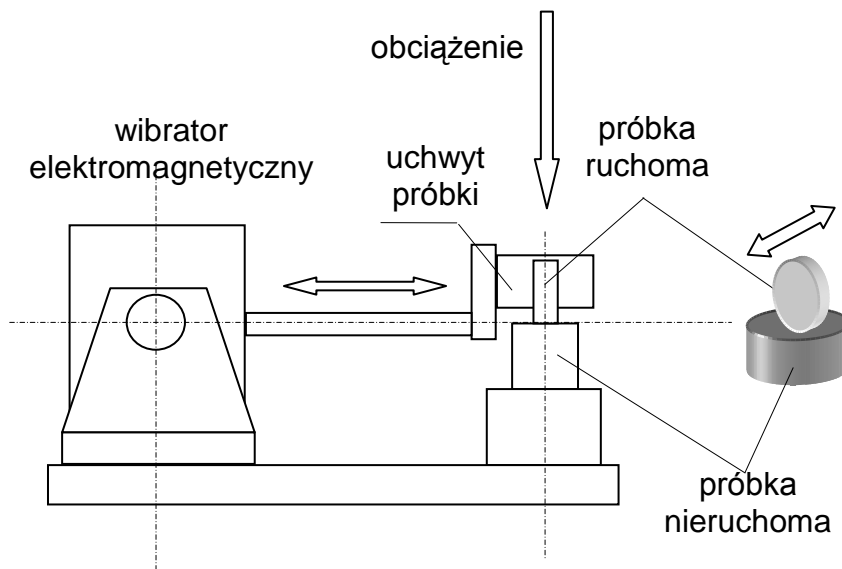
Można je podzielić na dwie zasadnicze grupy :

- pierwsza obejmuje działania mające na celu zmniejszenie amplitudy drgań bądź ich eliminację. Ograniczenie amplitudy można osiągnąć przez odpowiedni dobór sztywności elementów i zastosowanie urządzeń tłumiących drgania. Zmniejszenie amplitudy przemieszczeń można też osiągnąć przez zwiększenie obciążenia styku ;
- druga grupa działań obejmuje ograniczanie skutków frettingu. Wymienić tu należy stosowanie substancji smarowych na powierzchni styku, wszędzie tam, gdzie jest to możliwe. Stosowanie smarów zmniejsza zużycie wielokrotnie. Inne metody to dobór odpornego na fretting tworzywa lub modyfikacja powierzchni przez obróbkę cieplną, cieplno-chemiczną i nakładanie powłok odpornych na zużycie.

F. Badanie zjawiska frettingu

Badania przeprowadza się na stanowiskach laboratoryjnych, w których ruch względny wywołany jest mechanicznie lub elektromechanicznie. W Katedrze Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn prowadzi się badania na stanowisku z napędem elektromagnetycznym. Stanowisko to oznaczone symbolem FRET-3 przedstawiono schematycznie na rysunku 2.

W stanowisku tym ruchoma próbka swą cylindryczną powierzchnią styka się z płaską powierzchnią próbki nieruchomej tworząc styk walec-płaszczyzna. Ruch próbki wymuszany jest przez wibrator elektromagnetyczny. Amplituda drgań mierzona jest przez układ pomiarowy otrzymujący sygnały od czujników przemieszczeń. Wzбудnica drgań sterowana jest przez komputer. Próbka jest dociskana przez układ obciążający.



Rysunek 2. Schemat stanowiska frettingowego

3.2. SPOSÓB PRZEPROWADZENIA ĆWICZENIA

a) na stanowisku badawczym FRET 3 przeprowadza się test na próbkach z miękkiej stali węglowej.

Parametry testu są następujące :

- częstotliwość drgań 180 Hz,
- amplituda drgań 60 μm ,
- obciążenie próbek 50 N
- czas trwania testu około 20 minut.

b) po przeprowadzeniu testu należy przeprowadzić obserwację wżerów frettingowych na obu próbkach posługując się lupą i mikroskopem optycznym. Zwrócić uwagę na produkty zużycia, ich kolor i kształt. Na powierzchni wżeru frettingowego obejrzyć formy uszkodzeń ;

c) wykonać profilogramy przekroju poprzecznego i podłużnego na próbce nieruchomej oraz profilogramy wżeru na próbce ruchomej w kierunku obwodowym. Ocenić objętość ubytku obu próbek ;

d) przeprowadzić taki sam test stosując smarowanie powierzchni styku olejem mineralnym. Porównać wygląd wżerów frettingowych przy styku suchym i smarowanym ;

e) rozpoznać wżery frettingowe na powierzchniach roboczych sprzęgła zębatego lub innych elementów maszyn.

3.3. UWAGI DOTYCZĄCE ZALICZENIA ĆWICZENIA

Studenci na tydzień przed terminem wykonania ćwiczenia otrzymują niniejszą instrukcję do ćwiczenia. W trakcie ćwiczenia odbędzie się pisemna lub ustna ocena. W przypadku otrzymania oceny negatywnej – kolokwium zaliczeniowe pod koniec semestru.

4. LITERATURA

- R. B. Waterhouse, Fretting corrosion, Pergamon Press, Oxford 1972
- Y. Berthier, L. Vincent, M. Godet, Fretting fatigue and fretting wear, Tribology international, August 89, Vol. 22, No. 4.
- R. B. Waterhouse, Fretting wear, Wear, 100 (1984) 107-118.